©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

# Wirkung von Wuchsstoffen auf die Kallusbildung bei Holzstecklingen. I

Von

Gabriele Rogenhofer

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Mai 1936)

## Einleitung.

Seit den Untersuchungen von Boysen Jensen (1910), Paál (1914), Stark (1921) und anderen ist es bekannt, daß das einseitig verstärkte Wachstum bei tropistischen Krümmungen von einer Substanz bedingt ist, welche in den Koleoptilspitzen produziert wird, basalwärts wandert und wachstumsauslösend wirkt. F. A. F. C. Went, F. W. Went und ihre Mitarbeiter konnten einen solchen wachstumsauslösenden Stoff, Auxin genannt, mit Hilfe der Agarmethode aus Avenakoleoptilspitzen extrahieren und quantitativ durch die Winkelmeßmethoden von F. W. Went (1927) bestimmen. Daß Wuchsstoffe nicht allein zellstreckende, sondern auch zellteilende Wirkung haben, dürfte wohl durch verschiedene Arbeiten aus jüngster Zeit bewiesen sein [Laibach (1935), Snow (1935), Jost (1935), Gouwentak und Hellinga (1935)]. Czaja (1935, *b*) hält allerdings auch jetzt noch an der Ansicht fest, daß Wuchsstoffe allein zellstreckende Wirkung besitzen.

Kögl konnte *a* und *b* Auxin und daneben noch einen anderen wachstumsauslösenden Stoff, die β-Indolylessigsäure, darstellen. Da dieses letztere Präparat, in der Wuchsstoffliteratur auch Heteroauxin genannt, synthetisch leicht herstellbar ist, war man imstande, uneingeschränkte Versuche über die Wirkung von Wuchsstoffen zu machen. In der letzten Zeit sind verschiedene Eigenschaften der Wuchsstoffe bekanntgeworden, wie Förderung des Streckungswachstums bei Sprossen, Hemmung beim Längenwachstum von Wurzeln und beim Austreiben von Seitenknospen, Förderung der Zellteilung. Eine große Zahl von Arbeiten beschäftigt sich allein mit der wurzelbildenden Wirkung von Wuchsstoffen. Zur Prüfung dieser arbeitete F. W. Went eine quantitative Methode aus.

In wenigen Arbeiten wird auch auf die Kallusbildung, hervorgerufen durch Wuchsstoffe, hingewiesen. Kallusbildende Wirkung für reine Substanz (Heteroauxin) wurde zuerst von Laibach (1935) nachgewiesen. Er untersuchte die Wuchsstoffwirkung auf Kallusbildung bei Grünstecklingen und gestaltete seine Versuche insofern quantitativ, als er die Dickenzunahme der Stecklinge maß. Kambiales Wachstum, durch Wuchsstoffe veranlaßt, wurde von Snow (1935, *b, c, d*) festgestellt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Während in Laibach's Arbeiten, wie erwähnt, Grünstecklinge als Versuchsmaterial dienten, wurden von van der Lek (1934) an Holzstecklingen ausgedehnte Untersuchungen über den Knospeneinfluß auf die Wurzelbildung angestellt. Es konnte nachgewiesen werden, daß die Wurzelbildung von den Knospen entscheidend beeinflußt wird. Molisch (1909, 1917) hatte schon Vermutungen über einen Zusammenhang zwischen Wurzelbildung und Knospen ausgesprochen. Die Vermutung van der Lek's, daß hier Wuchsstoffwirkung vorliege, gewinnt dadurch erhöhte Wahrscheinlichkeit, daß Czaja (1934, *a*) in Knospen von Holzstecklingen einen gewissen Gehalt an Wuchsstoffen feststellen konnte.

Die Wirkung von Wuchsstoffen auf die Kallusbildung bei Holzstecklingen wurde bis jetzt noch nicht geprüft. Sie kennenzulernen, ist Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

## Methodik.

Der Grundsatz für die Untersuchungen war, nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ die kallusbildende Wirkung der Wuchsstoffe bei Holzstecklingen zu prüfen. Anfangs war es schwierig, ein geeignetes Verfahren zur quantitativen Bestimmung der gebildeten Kallusmenge zu finden. Denn in der Literatur liegen diesbezügliche Angaben nicht vor.

Da versuchte ich nun einfach, durch Abwägen mit Hilfe der analytischen Waage die gebildete Kallusmenge zu bestimmen.

Nach einer bestimmten Zeit der Kultur wurden die Stecklinge aus dem Sand genommen. Hierauf wurde der Kallus mit einem scharfen Rasiermesser abgetrennt und in einem Wägegläschen abgewogen. Das Abtrennen kann man sehr leicht und genau ausführen, wenn die Stecklingsschnittfläche ganz glatt und der Kallus nicht zu alt ist.

Die verwendeten Versuchspflanzen waren *Populus nigra* L. und *Ligustrum ovalifolium* Hassk.; auch von *Ampelopsis tricuspitata* (Sieb.) Zucc. var. *Veitschii hort.* wurden einige Reihen aufgestellt, welche ganz ähnliche Ergebnisse wie die Hauptversuchspflanzen zeigten.

Damit das Material möglichst einheitlich sei, wurden die Stecklinge immer vom selben Baum, beziehungsweise Strauch genommen. Die *Populus nigra*-Zweige, ebenso wie die von *Ampelopsis*, stammten aus dem Botanischen Garten und die Stecklinge von *Ligustrum ovalifolium* aus dem Garten der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung im Wiener Prater. Nur für die letzten Versuchsreihen von *Populus nigra,* die von Mitte November bis Weihnachten 1935 aufgestellt wurden, gelangten Stecklinge von einem Baum im Prater zur Verwendung.

Die einzelnen Stecklinge wurden so hergestellt und kultiviert, daß sie sich für die oben beschriebene Methode eignen. Je nach Art der Versuchsreihe bestanden sie aus drei Nodien und Internodien von durchschnittlich 10 bis 12 *cm* Länge, oder aus einem Nodium mit einer Länge von 3 *cm*. Durch solche geringe Längen sollten etwaige Hemmungen durch erschwerte Stoffleitung ausgeschaltet werden. Die Schnittführung war senkrecht zum Holzzylinder. Die Schnittfläche mußte, wie schon erwähnt, glatt sein, um ein quantitatives Abtrennen des Kallusgewebes zu ermöglichen.

Die Stecklinge wurden in geglühtem, reinem Quarzsand, der sich in Glasschalen ($250 \times 200 \times 55$ *mm*) befand, kultiviert. Diese waren durch gleiche Schalen bedeckt und standen in einem größeren Glaskasten im Gewächshaus des Institutes.

Hier waren auch die Schreibapparate zur Messung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes aufgestellt. Die Temperatur schwankte im Sommer zwischen 20 und 30° C., im Herbst zwischen 10 und 20° C. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft betrug zirka 90 bis 99%; die genaueren Daten sind jeweils im Tabellenkopf enthalten. 12 Tage wurden die Stecklinge in den Glasschalen gelassen. Im Herbst war dieser Zeitraum auf 14 Tage ausgedehnt. Nach dieser Zeit wurden sie aus dem Sand genommen, alle anhaftenden Teilchen mit Wasser abgespült und die Stecklinge mit Filtrierpapier gut abgetrocknet. Dann wurde das Kallusgewebe in der oben beschriebenen Weise abgetrennt und gewogen.

Die Leistungsfähigkeit der Methode mögen folgende Versuche erweisen: Stecklinge von *Populus nigra* mit drei Nodien wurden 10 *mm* unter der letzten Knospe geschnitten. Die Versuchsreihen, für welche je zehn Stecklinge verwendet wurden, waren folgende: 1. Kontrollstecklinge mit allen Knospen; 2. Stecklinge ohne Knospen; 3. obere Knospe entfernt; 4. mittlere Knospe entfernt; 5. untere Knospe entfernt; 6. obere und mittlere Knospe entfernt; 7. obere und untere Knospe entfernt; 8. mittlere und untere Knospe entfernt. In Reihe 1 besaßen die Stecklinge drei Knospen, in Reihe 3, 4, 5 je zwei Knospen und in Reihe 6, 7, 8 je eine Knospe.

Nach 12 Tagen wurde der Versuch abgebrochen und der gebildete Kallus der einzelnen Stecklinge gewogen. Aus diesen Werten wurde dann die Kallusmenge berechnet, welche von einem Steckling mit dem Gewicht von 1 *g* gebildet wurde. Die folgende Tabelle I zeigt eine Übersicht über diese Versuchsreihen. In der ersten Kolonne stehen die Nummern der einzelnen Versuchsreihen. Die zweite Kolonne bringt die nähere Beschreibung der Reihen; die dritte Kolonne gibt die Anzahl der Knospen an, welche sich an den Stecklingen befinden; die vierte Kolonne zeigt das Stecklingsgewicht in Gramm; die fünfte das Kallusgewicht in Gramm und die sechste das Kallusgewicht, welches ein Steckling von dem Gewicht 1 *g* hervorbringt.

Tabelle I.

Versuch mit *Populus nigra* vom 10. V. bis 22. V. 1935. Stecklinge 12 *cm* lang, in Quarzsand kultiviert, Temperatur 25 bis 29° C., Feuchtigkeit 96 bis 98%. Zehn Stecklinge in jeder Reihe.

| Reihe | Stecklinge mit drei Nodien | Anzahl der Knospen | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kontrolle mit Knospen . | 3 | 14·1263 | 0·1469 | 0·0104±0·0005 |
| 2 | Ohne Knospen . . . . | 0 | 12·1584 | 0·0122 | 0·0008±0·0005 |
| 3 | Obere Knospe entfernt . . | 2 | 15·2275 | 0·1366 | 0·0090±0·0006 |
| 4 | Mittlere . . | 2 | 14·8045 | 0·1107 | 0·0076±0·0004 |
| 5 | Untere » | 2 | 15·2694 | 0·0540 | 0·0035±0·0005 |
| 6 | Obere und mittlere Knospe entfernt . | 1 | 15·6422 | 0·1036 | 0·0069±0·0005 |
| 7 | Obere und untere Knospe entfernt . . . . . | 1 | 15·5488 | 0·0361 | 0·0024±0·0005 |
| 8 | Mittlere und untere Knospe entfernt . | 1 | 16·1257 | 0·0182 | 0·0011±0·0004 |

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Tabelle zeigt die gemittelten Summenwerte von jeder Stecklingsreihe. Sehr deutlich ergibt sich eine Abhängigkeit der gebildeten Kallusmenge von den Knospen.

Betrachten wir die einzelnen Werte für die Menge des gebildeten Kallus pro Gramm Stecklingsgewicht genauer. Bei der Kontrolle beträgt sie $0 \cdot 0104 \pm 0 \cdot 0005\, g$ pro Gewichtseinheit. Nehmen wir zum Vergleich den Wert für knospenlose Stecklinge von $0 \cdot 0008 \pm 0 \cdot 0005\, g$, so sehen wir deutlich, welchen Einfluß die Knospen auf die Kallusbildung besitzen. Es ergibt sich ein Unterschied von zirka 90%. Betrachten wir nun die übrigen Werte. In den Reihen 3 bis 5 befanden sich Stecklinge mit zwei Knospen, in den Reihen 6 bis 8 solche mit nur einer Knospe. Zuerst möchte ich die Ergebnisse der Reihen 6 bis 8 besprechen. Wir sehen bei Reihe 6, in der nur die unterste Knospe an dem Steckling belassen wurde, einen deutlich höheren Wert ($0 \cdot 0069 \pm 0 \cdot 0005\, g$) als bei den Reihen 7 ($0 \cdot 0024 \pm 0 \cdot 0005\, g$) und 8 ($0 \cdot 0011 \pm 0 \cdot 0004\, g$), wo einerseits nur die mittlere, anderseits nur die obere Knospe stehen blieb. Daraus ergibt sich für die Kallusbildung eine deutliche Abhängigkeit vom Abstand der Knospen von der Schnittfläche. Je weiter die Knospen von der Schnittfläche entfernt sind, desto weniger Kallus entsteht.

Addieren wir die für die Reihen 6 bis 8 erhaltenen Ergebnisse, also $0 \cdot 0069 \pm 0 \cdot 0005$ plus $0 \cdot 0024 \pm 0 \cdot 0005$ plus $0 \cdot 0011 \pm 0 \cdot 0004$, so erhalten wir einen Wert, $0 \cdot 0104$, der dem Wert für die Kontrollstecklinge von Reihe 1 ($0 \cdot 0104 \pm 0 \cdot 0005$) mit drei Knospen gleichkommt. Ähnlich gute Übereinstimmungen erhält man, wenn man die Summe der Werte von Reihe 3 und 8 oder 4 und 7 oder 5 und 6 bildet. Bei Reihe 3 sind die beiden unteren Knospen vorhanden, die obere fehlt. Bei Reihe 8 ist die oberste vorhanden, die beiden unteren fehlen. Wenn wir nun das Kallusgewebe pro Gramm Stecklingsgewicht beider Reihen zusammenzählen — bei Reihe 3 $0 \cdot 0090 \pm 0 \cdot 0006$ und bei Reihe 8 $0 \cdot 0011 \pm 0 \cdot 0004$ — bekommen wir wieder ein ähnliches Resultat ($0 \cdot 0101$) wie in Reihe 1. Die Summe von Reihe 4 und 7 ergibt $0 \cdot 0100$ und von Reihe 5 und 6 $0 \cdot 0104$.

Was die Streuung betrifft, so sind die Unterschiede bei den einzelnen Stecklingen nicht besonders groß. Es wurden noch weitere Parallelversuche gemacht, sowohl mit *Populus nigra* als auch mit *Ligustrum ovalifolium*. Diese Versuche zeigten alle ein ähnliches Ergebnis wie das oben ausführlich besprochene: 1. deutliche Abhängigkeit der Kallusbildung von den Knospen; 2. Einfluß des Abstandes der Knospen von der Schnittfläche auf die Kallusbildung.

Durch diese Versuche war augenscheinlich die Leistungsfähigkeit der Methode erwiesen. Es konnte nun an die Prüfung der Wuchsstoffwirkung auf die Kallusbildung gegangen werden.

*

Was die Versuchsanordnung zur Überprüfung der Wuchsstoffwirkung betrifft, so war ich von einigen neueren Arbeiten in diesem Gebiet beeinflußt, die während meiner Untersuchungen erschienen.

Ich arbeitete nach der Laibach'schen Methode, welche den Wuchsstoff in Pastenform den Pflanzen zuführt. Diese Pastenmethode, durch welche viele technische Schwierigkeiten beim Arbeiten mit Wuchsstoff behoben werden, wendete ich in allen meinen Versuchen an.

Die Pastenpräparate, die ich auf ihre Wirksamkeit untersuchte, waren: Harnpaste, β-Indolylessigsäurepaste und Auxin-*a*-Paste.

Herrn Prof. Laibach, welcher mir das erste β-Indolylessigsäurepräparat in Pastenform (0·2prozentig) zur Verfügung stellte, sei hier mein bester Dank ausgesprochen.

Von Herrn Prof. Kögl erhielt Prof. Höfler für das Institut eine einprozentige Lösung von Auxin *a*. Dadurch war es mir möglich, meine Versuche mit dieser Substanz anzustellen und ich möchte an dieser Stelle für die Bereitstellung des Präparates meinem Dank Ausdruck verleihen.

Vom Chemischen Institut in Wien bezog ich β-Indolylessigsäure als Kristallisat, welches unter Leitung von Doz. Wessely Herr Perutz nach einem japanischen Rezept in dankenswerter Weise darstellte.

Die Pasten wurden nach der Laibach'schen Methode angefertigt und ständig in Eis aufbewahrt, um ein Schlechtwerden hintanzuhalten. Jeden Monat ungefähr wurden neue Pasten genommen, da diese, wie man weiß, ihre Wirksamkeit nach einiger Zeit verlieren.

Die Herstellung der Harnpaste geschah folgendermaßen: Harn wurde ungefähr auf die Hälfte eingedampft und dann mit Äther ausgeschüttelt. Der angesäuerte Ätherauszug wurde vollständig abgedampft und der Überrest in etwas Wasser aufgenommen. Diese wässerige Lösung wurde nun mit der gleichen Menge Wollfett gut verrieben und in Eis aufbewahrt. Heteroauxinpaste wurde ähnlich hergestellt: eine bestimmte Menge der Substanz wurde in einem bestimmten Volumen Wasser kalt gelöst und mit der gleichen Menge Wollfett gut verrieben. Bei Auxin-*a*-Paste verwendete ich statt Wasser eine von Kögl (1934) angegebene Verdünnungsflüssigkeit und diese Lösung wurde wieder wie oben mit der gleichen Menge Wollfett verrieben.

Die Pastenstellen an den Stecklingen ersetzte ich jeden zweiten Tag durch frische Paste, um ein Schlechtwerden und ebenso eine schädigende Wirkung auf die Stecklinge zu verhindern.

## Versuche.

### 1. Abhängigkeit der Kallusbildung vom Abstand der Knospen zur Schnittfläche.

Bevor auf die Wirkung der Wuchsstoffe näher eingegangen wird, möchte ich noch einige Versuche bringen, welche die Abhängigkeit zwischen Knospenabstand von der Schnittfläche und der Kallusbildung näher erläutern sollen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In diesen Versuchsreihen hatten die Stecklinge nur ein Nodium. Ihre Länge betrug also 3 *cm*. Es wurden nun Reihen aufgestellt, in welchen der Abstand zwischen Knospe und basaler Schnittfläche verschieden groß gehalten war. Die gewählten Abstände waren 0, 2, 4, 8, 16 und 24 *mm*. Die folgende Tabelle II zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse. Außer in Spalte 3, wo die Entfernung der basalen Schnittfläche von der Knospe in Millimetern angegeben ist, ist die Anordnung der übrigen Kolonnen genau so wie bei Tabelle I.

Tabelle II.

Versuch mit *Populus nigra* vom 23. V. bis 3. VI. 1935. Stecklinge 3 *cm* lang, mit einem Nodium. In Quarzsand kultiviert, Temperatur 23 bis 29° C., Feuchtigkeit 96 bis 99%. Zehn Stecklinge in jeder Reihe.

| Reihe | Stecklinge mit einem Nodium | Abstand in *mm* | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Stecklinge mit Knospen | 0 | 6·5798 | 0·0984 | 0·0150±0·0006 |
| 2 | | 2 | 4·0124 | 0·0610 | 0·0152±0·0007 |
| 3 | | 4 | 4·4988 | 0·0621 | 0·0137±0·0005 |
| 4 | | 8 | 6·8489 | 0·0700 | 0·0102±0·0004 |
| 5 | | 16 | 6·9058 | 0·0298 | 0·0043±0·0006 |
| 6 | | 24 | 5·5030 | 0·0093 | 0·0017±0·0005 |

In Reihe 1 bis 5 trugen alle Stecklinge Kallus, in Reihe 6 nur neun von zehn Stecklingen.

Aus der Tabelle ist sehr leicht die Abhängigkeit der gebildeten Kallusmenge vom Abstand der Knospen von der Schnittfläche zu ersehen. Zwischen 0 und 2 *mm* ist fast kein Unterschied. Bei 4 *mm* Entfernung sehen wir eine Abnahme der Kallusmenge um zirka 10%; bei 8 *mm* eine Abnahme vom Ausgangswert um zirka 32%. Zwischen dieser und der nächsten Reihe 5 ist ein etwas größerer Sprung zu verzeichnen. Die Gewichtsabnahme beträgt hier zirka 70%, also zwei Drittel des Ausgangswertes. Bei einem Abstand von 24 *mm* werden nur ungefähr 10% der Kallusmenge von 0 oder 2 *mm* Knospenabstand gebildet. Dieses Abnehmen der Kallusmenge bei zunehmendem Abstand der Schnittfläche von der Knospe läßt sich leicht verstehen. Wir wissen, daß sich Wuchsstoffe in den Knospen befinden. Schon aus der Arbeit van der Lek's über den Knospeneinfluß auf die Wurzelbildung geht dies deutlich hervor. Einige Zeit später konnte Czaja (1934, *a*), wie schon erwähnt, tatsächlich Wuchsstoffe in den Laubknospen verschiedener Holzpflanzen nachweisen. Molisch (1935, *c*) zeigte, daß vorzugsweise Stecklinge mit Nodien und Knospen befähigt sind, Wurzeln zu bilden, knospenlose Internodien aber nicht. Daß bei meinen Objekten Wuchsstoffe einen Einfluß auf die Kallusbildung besitzen, wird durch folgende Versuche direkt bewiesen.

## 2. Versuche mit Harnpaste.

Die Pasten wurden, wie schon früher (p. 85) erwähnt, nach dem Rezept von Laibach hergestellt.

Analog den Reihen mit knospentragenden Stecklingen, welche die Leistungsfähigkeit der quantitativen Bestimmungsmethode darlegten, wurden nun solche mit Harnpaste angestellt. Die Stecklinge besaßen drei Nodien (zirka 12 *cm* lang); die Knospen wurden entfernt und die Ansatzstelle der Knospen mit Harnpaste oder reiner Wasserpaste bestrichen. Die einzelnen Versuchsreihen bestanden aus je zehn Stecklingen und es wurden folgende Reihen aufgestellt: 1. an allen Nodien Harnpaste; 2. an allen Nodien Wasserpaste; 3. Stecklinge mit allen Knospen als Kontrolle; 4. Stecklinge ohne Knospen. Tabelle III gibt eine Übersicht über das Ergebnis des Versuches. Die enthaltenen Zahlen sind Summenwerte einer jeden Versuchsreihe.

Tabelle III.

Versuch mit *Populus nigra* vom 10. V. bis 22. V. 1935. Stecklinge zirka 12 *cm*, mit drei Nodien, in Quarzsand kultiviert, Temperatur 25 bis 29° C., 96 bis 99% Feuchtigkeit.

| Gewicht in *g* | Pastenstecklinge | | Kontrollstecklinge | |
|---|---|---|---|---|
| | an den Nodien Harnpaste | an den Nodien Wasserpaste | mit Knospen | ohne Knospen |
| Stecklingsgew. ..... | 14·4551 | 10·2281 | 14·9465 | 8·9415 |
| Kallusgew. . | 0·1709 | 0·0159 | 0·1523 | 0·0114 |
| Kallusgew. pro *g* Stecklingsgew... | **0·0118**±0·0005 | 0·0016±0·0007 | 0·0102±0·0006 | 0·0011±0·0006 |

Bei der ersten und dritten Reihe hatten alle Stecklinge Kallus gebildet, bei Reihe 2 mit Wasserpaste nur sieben und bei Reihe 4 ohne Knospen sechs. Vergleichen wir die einzelnen Werte, so erkennt man sofort die Wirkung des Wuchsstoffes auf die Kallusbildung. Reihe 1 mit Harnpaste zeigt ungefähr denselben Wert wie die Kontrolle Reihe 3 mit allen Knospen. Reihe 2 mit Wasserpaste zeigt ebenfalls ein ähnliches Ergebnis wie Reihe 4, bei der die Knospen entfernt waren. Reihe 1 und 3 hatte etwa achtmal soviel Kallus wie Reihe 2 und 4.

Für einen zweiten Versuch wurden ebenfalls 12 *cm* lange Stecklinge verwendet, an denen die Knospen entfernt waren. Folgende Versuchsreihen wurden aufgestellt: 1. Stecklinge mit drei Pastenstellen (Harnpaste); 2. Stecklinge mit Wasserpaste; 3. oben und Mitte Harnpaste, unten Wasserpaste; 4. oben und unten Harnpaste, Mitte Wasserpaste; 5. Mitte und unten Harnpaste, oben Wasserpaste; 6. oben Harnpaste, Mitte und unten Wasserpaste; 7. Mitte Harnpaste, oben und unten Wasserpaste; 8. unten Harnpaste, oben und Mitte Wasserpaste.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In Spalte 3 wird die Zahl der Stellen angegeben, welche mit Harnpaste bestrichen waren. Die übrigen Spalten sind analog wie Tabelle I gehalten.

Tabelle IV.

Versuch mit *Populus nigra* vom 10. V. bis 22. V. 1935. Stecklinge 12 *cm* lang, mit drei Nodien, ohne Knospen. In Quarzsand kultiviert bei 25 bis 29° C., 96 bis 98% Feuchtigkeit.

| Reihe | Stecklinge mit drei Nodien | Anzahl der Harnpastenstellen | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ohne Knospen, an allen Nodien Harnpaste ... | 3 | 14·4551 | 0·1709 | 0·0118±0·0005 |
| 2 | Ohne Knospen, an allen Nodien Wasserpaste.. | — | 10·2281 | 0·0159 | 0·0016±0·0007 |
| 3 | Oben u. Mitte Harnpaste, unten Wasserpaste ... | 2 | 15·6237 | 0·0653 | 0·0041±0·0005 |
| 4 | Oben u. unten Harnpaste, Mitte Wasserpaste ... | 2 | 13·4813 | 0·1122 | 0·0083±0·0004 |
| 5 | Mitte u. unten Harnpaste, oben Wasserpaste ... | 2 | 15·0982 | 0·1433 | 0·0094±0·0006 |
| 6 | Oben Harnpaste, Mitte u. unten Wasserpaste ... | 1 | 15·6515 | 0·0396 | 0·0025±0·0004 |
| 7 | Mitte Harnpaste, oben u. unten Wasserpaste ... | 1 | 14·8349 | 0·0531 | 0·0036±0·0006 |
| 8 | Unten Harnpaste, oben u. Mitte Wasserpaste ... | 1 | 15·9968 | 0·1248 | 0·0078±0·0004 |

Das Ergebnis dieses Versuches ist ungefähr dem des Versuches mit knospentragenden Stecklingen (Tabelle I) gleichzusetzen. Die einzelnen Werte liegen hier etwas höher.

Aus der Tabelle können wir folgendes ersehen: 1. Die Menge des gebildeten Kallusgewebes ist abhängig von dem Abstand, der zwischen der Pastenstelle als Wuchsstoffquelle und der Schnittfläche liegt; 2. Stecklinge mit drei Pastenstellen produzieren den meisten Kallus. Stecklinge mit zwei Pastenstellen bilden etwas weniger aus, doch ist die gebildete Menge auch im weitesten Maß von der Lage der Pastenstellen abhängig. Wird die Paste am oberen und unteren Nodium geboten, so wird mehr Kallus gebildet als bei Stecklingen, wo die Paste am mittleren und oberen Nodium aufgetragen war. Einen ungefähren Zwischenwert liefern Stecklinge, bei denen das obere und untere Nodium mit Paste bestrichen war. Bei Stecklingen mit einer Pastenstelle sehen wir das gleiche.

Addieren wir das Kallusgewicht eines Stecklings mit einer Pastenstelle (oben) zu dem eines Stecklings mit zwei Pastenstellen (in der Mitte und unten), so erhalten wir in allen Fällen einen gleichen Wert. Mit diesem stimmt der Wert für das Kallusgewicht eines Stecklings mit drei Pastenstellen ungefähr, manchmal aber auch fast genau überein. Wir finden hier also dieselbe Gesetzmäßigkeit

wie bei den Versuchen mit knospentragenden Stecklingen. Als Beispiel will ich einige Werte herausgreifen: Für Reihe 3 (Paste oben und Mitte) und 8 (Paste unten) ergibt sich 0·0119 *g*. Für Reihe 4 (Paste oben und unten) und Reihe 7 (Paste in der Mitte) 0·0119 *g*. Für Reihe 5 (Paste Mitte und unten) und Reihe 6 (Paste oben) folgt ebenfalls 0·0119 *g* pro 1 *g* Stecklingsgewicht. Diese drei Werte sind genau gleichzusetzen der Kontrolle 1 (an allen Nodien Paste).

Analog den früheren Versuchen wurde nun die Abhängigkeit zwischen Schnittfläche und Pastenstelle untersucht. Hier gelangten Stecklinge mit einem Nodium zur Verwendung. Der Abstand von Nodium und Schnittfläche wurde variiert. Die Knospen wurden entfernt und an ihre Stelle Harnpaste gegeben. Tabelle V zeigt das Ergebnis dieser Versuchsreihe.

Tabelle V.

Versuch mit *Populus nigra* vom 23. V. bis 3. VI. 1935. Stecklinge mit einem Nodium, 3 *cm* lang, ohne Knospen. In Quarzsand kultiviert bei 23 bis 29° C., 96 bis 99% Feuchtigkeit.

| Reihe | Stecklinge mit einem Nodium | Abstand d. Pastenstellen in *mm* | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | An den Nodien Harnpaste | 0 | 5·9927 | 0·0992 | 0·0166±0·0006 |
| 2 | | 2 | 5·3229 | 0·0845 | 0·0159±0·0005 |
| 3 | | 4 | 6·6729 | 0·0936 | 0·0145±0·0005 |
| 4 | | 8 | 5·7838 | 0·0698 | 0·0121±0·0005 |
| 5 | | 16 | 5·5567 | 0·0445 | 0·0080±0·0005 |
| 6 | | 24 | 6·2525 | 0·0129 | 0·0021±0·0005 |

Die Abhängigkeit der Kallusmenge vom Abstand zwischen Schnittfläche und Pastenstelle, welche schon aus dem vorigen Versuch erkennbar war, tritt hier deutlich zutage. Die einzelnen Versuchsreihen wurden zweimal mit *Populus nigra* und zweimal mit *Ligustrum ovalifolium* wiederholt. Das Ergebnis der Reihen war ungefähr das gleiche. In manchen Fällen war die Streuung etwas größer.

### 3. Versuche mit Heteroauxinpaste.

Die Versuche mit Heteroauxinpaste wurden analog den Harnpastenversuchen ausgeführt. Tabelle VI zeigt den Einfluß von 0·001prozentiger Heteroauxinpaste auf die Kallusbildung.

An den Stecklingen mit Wasserpaste hatten nur sechs Kallus gebildet, ebenso bei den Stecklingen ohne Knospen.

Die Menge des durch Heteroauxinpaste gebildeten Kallus ist beinahe doppelt so groß als die der knospentragenden Kontrollstecklinge.

Bei einer gleichlaufenden Versuchsreihe von *Populus nigra* und zwei Versuchsreihen von *Ligustrum ovalifolium* konnte ein

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



## Tabelle VI.

Versuch mit *Populus nigra* vom 17. X. bis 1. XI. 1935. Stecklinge zirka 12 *cm* lang, mit drei Nodien. In Quarzsand kultiviert bei 14 bis 18° C., 95 bis 98% Feuchtigkeit. Pastenstecklinge knospenlos.

| Gewicht in *g* | Pastenstecklinge | | Kontrollstecklinge | |
|---|---|---|---|---|
| | an den Nodien Heteroauxinpaste | an den Nodien Wasserpaste | mit Knospen | ohne Knospen |
| Stecklingsgew. ..... | 15·4320 | 9·7513 | 15·6054 | 9·4438 |
| Kallusgew. .. | 0·2891 | 0·0123 | 0·1567 | 0·0071 |
| Kallusgew. pro 1 *g* Stecklingsgew... | **0·0187**±0·0008 | 0·0017±0·0005 | 0·0101±0·0008 | 0·0012±0·0007 |

ähnliches Ergebnis beobachtet werden. Weiter wurde ein Versuch entsprechend dem mit Harnpaste, der in Tabelle IV dargestellt ist, mit Heteroauxinpaste durchgeführt. Tabelle VII bringt eine Übersicht über die Resultate dieser Reihe.

## Tabelle VII.

Versuch mit *Populus nigra* vom 17. X. bis 1. XI. 1935. Stecklinge 10 bis 12 *cm* lang, knospenlos. In Quarzsand kultiviert bei 14 bis 18° C., 95 bis 98% Feuchtigkeit.

| Reihe | Stecklinge mit drei Nodien | Anzahl der Heteroauxinpastenstellen | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ohne Knospen, an allen Nodien Heteroauxinpaste (0·001%) ..... | 3 | 15·4320 | 0·2891 | 0·0187±0·0008 |
| 2 | An allen Nodien Wasserpaste ..... | — | 9·7513 | 0·0123 | 0·0017±0·0005 |
| 3 | Oben und Mitte Heteroauxinpaste, unten Wasserpaste ..... | | 16·5160 | 0·1584 | 0·0096±0·0007 |
| 4 | Oben und unten Heteroauxinpaste, Mitte Wasserpaste ..... | 2 | 15·4534 | 0·1998 | 0·0129±0·0006 |
| 5 | Mitte und unten Heteroauxinpaste, oben Wasserpaste ..... | 2 | 16·5816 | 0·2368 | 0·0144±0·0006 |
| 6 | Oben Heteroauxinpaste, Mitte und unten Wasserpaste ..... | 1 | 15·9059 | 0·0606 | 0·0038±0·0007 |
| 7 | Mitte Heteroauxinpaste, oben und unten Wasserpaste ..... | 1 | 15·6629 | 0·0891 | 0·0057±0·0008 |
| 8 | Unten Heteroauxinpaste, Mitte und oben Wasserpaste .. | 1 | 16·2775 | 0·1696 | 0·0105±0·0008 |

In der Reihe, wo Wasserpaste verwendet wurde, hatten nur sechs Stecklinge Kallus ausgebildet.

Aus allen Versuchen dieser Art erkennen wir, daß die Erscheinung der Summierbarkeit in jedem Fall quantitativ nachweisbar ist.

Wir sehen ein ähnliches Ergebnis wie in Tabelle I (Versuch mit knospentragenden Stecklingen) und Tabelle IV (Versuch mit Harnpaste). Die Werte liegen in diesem Fall höher als bei den beiden erstgenannten. Als Beispiel einige spezielle Werte: Reihe 3 plus 8 (0·0096+0·0105) ergibt 0·0201, Reihe 4 plus 7 (0·0129+0·0057) ergibt 0·0186 und Reihe 5 plus 6 (0·0144+0·0038) 0·0182. Der Versuch wurde viermal durchgeführt, zweimal mit *Populus nigra* und zweimal mit *Ligustrum ovalifolium*. Die Resultate waren ziemlich gleichlautend; bei einer *Ligustrum*-Versuchsreihe war die Streuung größer.

Über die Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Pastenstelle und Schnittfläche wurden in gleicher Weise wie bei Harnpaste Versuchsreihen von Stecklingen mit einem Nodium aufgestellt. In Tabelle VIII sind die einzelnen Werte für je zehn Stecklinge zusammengefaßt.

Tabelle VIII.

Versuch mit *Populus nigra* vom 10. X. bis 24. X. 1935. Stecklinge mit einem Nodium, 3 *cm* lang. In Quarzsand kultiviert bei 16 bis 24° C., 94 bis 98% Feuchtigkeit.

| Reihe | Stecklinge mit einem Nodium | Abstand d. Pastenstellen in *mm* | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Statt Knospen β-Indol.-Paste (0·001%) | 0 | 6·2594 | 0·1734 | 0·0277±0·0008 |
| 2 | | 2 | 6·6012 | 0·1892 | 0·0287±0·0006 |
| 3 | | 4 | 5·4336 | 0·1063 | 0·0193±0·0007 |
| 4 | | 8 | 6·9562 | 0·0819 | 0·0118±0·0006 |
| 5 | | 16 | 6·2127 | 0·0391 | 0·0063±0·0007 |
| 6 | | 24 | 6·0674 | 0·0341 | 0·0056±0·0005 |

Die Werte bei 2 *mm* sind etwas höher als bei 0 *mm*. Die Abnahme der Kallusmenge bei zunehmender Entfernung ist deutlich sichtbar. Der Wert bei 24 *mm* (0·0056) ist zirka 20% von dem bei 0 *mm* (0·0277). In zwei Reihen mit *Ligustrum ovalifolium* und einer Reihe mit *Populus nigra* wurde dieser Versuch wiederholt. Auch in diesen Reihen war die Abhängigkeit von der Entfernung deutlich erkennbar. Ein Versuch, welcher im Dezember angesetzt war, kann hier nicht miteinbezogen werden, ebenso zwei gleichzeitig begonnene Versuchsreihen mit Auxin *a*. Molisch (1917) und, angeregt durch seine Arbeit, L. Schwarz (1933) haben gezeigt, daß die Wurzelbildung bei Holzstecklingen im Winter einer autonomen Ruhe unterliegt. Durch Warmbad konnte dieser Ruhezustand aufgehoben

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werden. Die Unregelmäßigkeiten, welche sich bei meinen Winterversuchen zeigten, dürften wohl mit dieser Erscheinung der autonomen Ruhe in Zusammenhang stehen, wodurch die Gesetzmäßigkeiten, die sich sonst beobachten lassen, einigermaßen verdeckt werden.

### 4. Versuche mit Auxin *a*.

Für Auxin *a* lagen bis jetzt keine Untersuchungen vor. Durch die Freundlichkeit von Herrn Prof. Kögl, der Prof. Höfler dieses Präparat zur Verfügung stellte, war ich imstande, auch die Wirkung dieses Wuchsstoffes auf die Kallusbildung bei Holzstecklingen in gleicher Weise wie bei Heteroauxin zu prüfen und seine Wirkung mit der von Heteroauxin zu vergleichen.

Zunächst eine Versuchsreihe, in der die Wirkung von Auxin *a* ($0 \cdot 001\%$) mit der von Knospen verglichen wird.

Tabelle IX.

Versuch mit *Populus nigra* vom 30. X. bis 13. XI. 1935. Stecklinge zirka 12 *cm* lang, mit drei Nodien. In Quarzsand kultiviert bei 13 bis 19° C., Feuchtigkeit 94 bis 99%. Pastenstecklinge knospenlos.

| Gewicht in *g* | Pastenstecklinge | | Kontrollstecklinge | |
|---|---|---|---|---|
| | an den Nodien Auxin *a*-Paste ($0 \cdot 001\%$) | an den Nodien Wasserpaste | mit Knospen | ohne Knospen |
| Stecklingsgew. | 17·2601 | 9·9566 | 15·8573 | 6·5762 |
| Kallusgew. | 0·2768 | 0·0094 | 0·1433 | 0·0070 |
| Kallusgew. pro 1 *g* Stecklingsgew. | **0·0160**±0·0007 | 0·0009±0·0003 | 0·0092±0·0006 | 0·0010±9·0005 |

Bei den Stecklingen mit Wasserpaste hatten nur fünf, bei den knospenlosen Stecklingen nur vier Kallus gebildet.

Man kann daraus ersehen, daß Auxin *a* ebenso wie Harnpaste und Heteroauxin auch auf die Anzahl, respektive den Prozentsatz der positiv mit Kallus reagierenden Stecklinge einen Einfluß ausübt.

Die gebildeten Kallusmengen für Auxin *a* lagen jedoch im allgemeinen niedriger als für Heteroauxin.

In einer Versuchsreihe mit *Ligustrum ovalifolium* sind die Werte ähnlich. Auch bei diesem Objekt sind die gebildeten Kallusmengen kleiner als die für Heteroauxin. Wie sich Grünstecklinge bei Behandlung mit Auxin *a* verhalten, ist noch nicht bekannt, da Laibach bei seinen Versuchen über die Kallusbildung nur mit Heteroauxinpaste gearbeitet hat.

Um die Frage der Summierbarkeit der von den einzelnen Knospen ausgehenden Wirkung auch bei Auxin *a* zu prüfen, wurde auch für diesen Fall ein solcher Versuch aufgestellt. Er ist in Tabelle X festgehalten.

Bei den Stecklingen mit Wasserpaste hatten nur fünf Kallus ausgebildet. Das Ergebnis ist gleich dem von Harnpaste (Tabelle IV) und Heteroauxin (Tabelle VII). Die Werte sind, wie schon bei Tabelle IX festgestellt wurde, niedriger als bei den gleichen Versuchen mit Heteroauxin. Man kann aber hier ebenso wie bei den früher

Tabelle X.

Versuch mit *Populus nigra* vom 30. X. bis 13. XI. 1935. Stecklinge 10 bis 12 *cm* lang, mit drei Nodien. In Quarzsand kultiviert bei 13 bis 19° C., Feuchtigkeit 94 bis 99%. Stecklinge knospenlos.

| Reihe | Stecklinge mit drei Nodien | Anzahl d. Auxin *a*-Pastenstellen | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | An allen Nodien Auxin *a*-Paste (0·001%) ..... | 3 | 17·2601 | 0·2768 | 0·0160±0·0007 |
| 2 | An den Nodien Wasserpaste ... ..... | — | 9·9566 | 0·0094 | 0·0009±0·0003 |
| 3 | Oben und Mitte Auxin *a*-Paste, unten Wasserpaste ..... .. | 2 | 15·7342 | 0·1352 | 0·0086±0·0007 |
| 4 | Oben und unten Auxin *a*-Paste, Mitte Wasserpaste .. ..... | 2 | 15·6289 | 0·1982 | 0·0127±0·0008 |
| 5 | Mitte und unten Auxin *a*-Paste, oben Wasserpaste ..... | 2 | 16·0730 | 0·2216 | 0·0138±0·0008 |
| 6 | Oben Auxin *a*-Paste, Mitte und unten Wasserpaste | 1 | 15·7652 | 0·0543 | 0·0035±0·0007 |
| 7 | Mitte Auxin *a*-Paste, oben und unten Wasserpaste .... .. .. | 1 | 16·8667 | 0·0815 | 0·0048±0·0007 |
| 8 | Unten Auxin *a*-Paste, oben und Mitte Wasserpaste ..... | 1 | 15·4636 | 0·1458 | 0·0094±0·0008 |

gezeigten Versuchen die Abhängigkeit der Kallusmenge von der Entfernung der Pastenstelle zur Schnittfläche erkennen. Auch die Erscheinung der Summierbarkeit bei den einzelnen Stecklingen untereinander ist gut sichtbar. Als Beispiel möchte ich einige Werte herausgreifen. Reihe 3 (0·0086) plus Reihe 8 (0·0094) ergibt 0·0180, Reihe 4 (0·0127) plus Reihe 7 (0·0048) ergibt 0·0175 und Reihe 5 (0·0138) plus Reihe 6 (0·0035) ergibt 0·0173. Der Kontrollwert der Stecklinge mit drei Pastenstellen ist 0·0162. Die Werte sind im allgemeinen gut vergleichbar.

Bei einer zweiten Reihe, die mit *Ligustrum ovalifolium* ausgeführt war, ist das Resultat ähnlich.

Auch die Abhängigkeit von der Entfernung wurde für Auxin *a* bei je einer Reihe mit *Populus nigra* und *Ligustrum ovalifolium* geprüft. Tabelle XI bringt das Ergebnis bei *Populus nigra*.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle XI.

Versuch mit *Populus nigra* vom 2. XI. bis 16. XI. 1935. Stecklinge mit einem Nodium, 3 *cm* lang. In Quarzsand kultiviert bei 15 bis 21° C., Feuchtigkeit 96 bis 99%.

| Reihe | Stecklinge mit einem Nodium | Abstand d. Auxin *a*-Pastenstellen in *mm* | Stecklingsgewicht in *g* | Kallusgewicht in *g* | Kallusgewicht pro 1 *g* Stecklingsgewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | An den Nodien Auxin *a*-Paste (0·001%) | 0 | 6·2549 | 0·1334 | 0·0211±0·0008 |
| 2 | | 2 | 6·5001 | 0·1286 | 0·0199±0·0007 |
| 3 | | 4 | 6·0973 | 0·0902 | 0·0148±0·0004 |
| 4 | | 8 | 5·8539 | 0·0545 | 0·0093±0·0006 |
| 5 | | 16 | 5·3833 | 0·0409 | 0·0076±0·0005 |
| 6 | | 24 | 6·0057 | 0·0311 | 0·0050±0·0006 |

Die Abnahme der Kallusmenge bei zunehmender Entfernung von der Schnittfläche tritt klar zutage. Ähnliches ist bei der Reihe mit *Ligustrum ovalifolium* zu beobachten.

## Besprechung.

Wie die vorliegenden Versuche durchwegs zeigen, ist den Wuchsstoffen Heteroauxin und Auxin *a* kallusbildende Wirkung zuzuschreiben. Diejenigen Forscher, welche nach spezifischer Wuchsstoffwirkung fahnden, dürfte ein solches Ergebnis zunächst enttäuschen. Der Fähigkeit des Auxins, Streckungswachstum auszulösen, reihen sich ja heute noch andere Eigenschaften an, welche eingangs schon erwähnt wurden. Als weitere Funktion der Wuchsstoffe kommt nun die Wirkung auf die Kallusbildung bei Grünstecklingen (Laibach) und bei Holzstecklingen hinzu. Es war naheliegend, Untersuchungen auch auf diesem Gebiet anzustellen; denn gerade die Kallusbildung bei Holzstecklingen, die in dieser Arbeit studiert wird, stellt ja weit mehr eine physiologisch als normal zu wertende Erscheinung dar.

Ob wir in der Kallusbildung durch Wuchsstoffe eine Primär- oder Sekundärerscheinung sehen oder diese ein einzelnes Glied in einer Reizkette darstellt, welche schließlich zur Wurzelbildung führt, bleibt noch zu entscheiden. Soviel steht wohl fest, daß es sich bei der Kallusbildung nicht in erster Linie um Zellstreckung, sondern um Zellteilung handelt. Dies zeigt auch noch der folgende Versuch. Auf die apikale Schnittfläche von 3 *cm* langen Internodien von *Populus nigra* wurde Wuchsstoffpaste aufgetragen. Nach einer gewissen Zeit hatte sich unter der Pastenhaube so starker Kallus entwickelt, daß die Rinde gesprengt wurde und der oberste Teil des Stecklings sich schildförmig ausgebreitet hatte. Eine anatomische Untersuchung bei verschiedenen Stadien zeigte, daß wohl reichlich Zellteilungen stattfanden, doch konnten keine Zellstreckungen beobachtet werden. In einer kürzlich erschienenen holländischen Arbeit von Gouwentak und Hellinga (1935) über Wurzelbildung durch

Wuchsstoffe wird ebenso zellteilende Wirkung von Heteroauxin nachgewiesen und Snow (1935) hat mit Nachdruck hervorgehoben, daß Wuchsstoffe im Kambium Zellteilungen veranlassen.

Die Hauptbedeutung meiner Versuche liegt wohl darin, daß die gebildete Kallusmenge quantitativ durch Wägung bestimmt wurde. Außer der so vielfach bewährten Went'schen Avenatestmethode und der jüngeren F. W. Went'schen Pisumtestmethode liegen in der neueren Wuchsstoffliteratur keine Angaben über die Möglichkeit so klarer quantitativer Erfassung vor, wie meine Wägungen sie gestatten. Die quantitative Leistungsfähigkeit wird durch die Übereinstimmung in den Resultaten und die Erscheinung der »Summierbarkeit« (p. 83, 84) dargelegt.

Deutlich tritt bei den Wägeversuchen eine ungleiche Wirksamkeit von Heteroauxin und Auxin *a* hervor. Bei gleicher Konzentration der Pasten wird durch Einwirkung von Heteroauxin mehr Kallus ausgebildet als bei Behandlung mit Auxin *a*. Für das Streckungswachstum dagegen konnte von Prof. Kögl (1934) durch den Avenatest eine stärkere Wirksamkeit von Auxin *a* gegenüber Heteroauxin nachgewiesen werden.

Kögl (1934) fand etwa doppelt so starke Wirksamkeit bei Auxin *a* als bei Heteroauxin. Da das Molgewicht des Auxin *a* 328, das von Heteroauxin 175 beträgt, ist die molare Wirksamkeit von Auxin *a* bei Avena etwa viermal größer. Bei meinen Versuchen fand ich die Wirksamkeit des Heteroauxin um zirka 25% höher als für Auxin *a*. Ein Vergleich läßt sich hier noch nicht ziehen, denn nach einem Hinweis von Herrn Prof. Kögl verliert Auxin *a* sehr rasch seine Wirksamkeit. Mein Präparat wurde am 23. Oktober 1935 von Utrecht nach Wien gesandt, nach der schon früher (p. 85) berichteten Methode verarbeitet und ständig in Eis aufbewahrt. Trotzdem wäre eine Abschwächung der Paste möglich. Der streng quantitative Vergleich steht also noch aus. Die Tatsache aber, daß Auxin *a* kallusbildend wirkt, ist durch die vorliegenden Versuche erwiesen.

Es würde als eine lohnende Aufgabe erscheinen, zu prüfen, ob alle jene Substanzen, welchen unter anderm auch ein wurzelbildender Einfluß zugeschrieben wird (P. W. Zimmermann und F. Wilcoxon, 1935), die Fähigkeit besitzen, Kallusbildung zu veranlassen, und vergleichend die unter ihrer Einwirkung entstehenden Kallusmengen zu untersuchen. Außerdem scheint es wissenswert, wie weit etwa alle im Avenatest wirksamen Substanzen, deren Zahl sich ständig mehrt (A. J. Haagen Smit and F. W. Went, 1935; K. V. Thimann, 1935), auch zur Kallusbildung befähigt sind.

## Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß Wuchsstoffe fördernd auf die Kallusbildung wirken. Es wird eine Methode beschrieben, durch Abwägen des produzierten Kallusgewebes quantitativ die Wuchsstoffwirkung zu erfassen. Auf solche Weise konnte nachgewiesen werden, daß sowohl Knospen als auch künstlich zugeführte Wuchsstoffe die Kallusbildung fördern.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die verwendeten Versuchspflanzen waren *Populus nigra*, *Ligustrum ovalifolium* und *Ampelopsis*. Die Stecklinge hatten je nach Art des Versuches eine Länge von 3 *cm* oder 10 bis 12 *cm*.

Das Ergebnis des Versuches mit knospentragenden Stecklingen war folgendes:

Die gebildete Kallusmenge ist abhängig von der Entfernung, welche zwischen Knospe und Schnittfläche liegt (vgl. Tabelle II, p. 86). Je näher die Knospe der Schnittfläche ist, desto mehr Kallus wird gebildet.

Es konnte festgestellt werden, daß die Kallusmenge, welche ein einziger Steckling mit drei Knospen bildet, ungefähr gleich ist der Summe der Kallusmengen, welche z. B. von drei ebenso langen Stecklingen mit je einer Knospe (bei dem ersten Steckling oben, beim zweiten in der Mitte, beim dritten unten) produziert wird. Es sind also die Gewichte der von den einzelnen Knospen produzierten Kallusmengen summierbar.

Die Versuchsergebnisse mit Wuchsstoffpaste entsprechen denen mit knospentragenden Stecklingen. Die Pasten wurden statt der Knospen an den Stecklingen aufgetragen. Die verwendeten Pasten waren: Harnpaste, Heteroauxin- und Auxin *a*-Paste.

In allen Versuchen mit Wuchsstoffen ist ein fördernder Einfluß derselben auf die Kallusbildung zu beobachten.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die produzierte Kallusmenge abhängig ist von dem Abstand, der sich zwischen Pastenstelle und basaler Schnittfläche befindet.

Die Erscheinung der Summierbarkeit tritt ebenso wie bei den Knospenversuchen deutlich zutage. Dank der quantitativen Leistungsfähigkeit der Methode konnte dies genau verfolgt werden.

Bei den einzelnen Pasten waren die produzierten Kallusmengen verschieden. Durch die Einwirkung von Heteroauxin wurde ungefähr doppelt so viel Kallus gebildet als an den Kontrollstecklingen, welche nur Knospen trugen. Harnpaste zeigte die schwächste Wirksamkeit. Doch ist in diesem Fall die Wuchsstoffkonzentration nicht bestimmbar.

Am stärksten wirkt Heteroauxinpaste. Bei 0 *mm* Abstand von der Pastenstelle wird an den Stecklingen bei einer Konzentration von 0·001% um zirka 25% mehr Kallus ausgebildet als durch die gleiche Konzentration des von mir verwendeten Präparates von Auxin *a*.

Durch die vorliegenden Ergebnisse ist ebenso wie bei Laibach erwiesen, daß Wuchsstoffe nicht nur Streckungswachstum auslösen, sondern auch die Kallusbildung und die sie einleitenden Zellteilungsvorgänge fördern.

Die vorliegende Arbeit wurde am Pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität ausgeführt. Herrn Prof. v. Faber und Herrn Prof. Höfler bin ich für das stete Interesse an meinen Versuchen zu großem Dank verpflichtet. Auch Herrn Dr. Zeller sage ich für seine Hilfsbereitschaft meinen besten Dank.

# Literatur.


Boysen-Jensen P., 1910, Über die Leitung des phototropischen Reizes in Avenakeimpflanzen. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *28*, 118.

— — 1913, Über die Leitung des phototropischen Reizes in Avenakoleoptilen. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *31*, 559.

— — 1933, Über den Nachweis von Wuchsstoff in Wurzeln. Planta, *19*, 345.

— — 1933, Bedeutung des Wuchsstoffes für das Wachstum und die geotropische Krümmung der Wurzeln von *Vicia faba*. Planta, *20*, 688.

— — 1934, Über Wuchsstoff in Wurzeln, die mit Erythrosin vergiftet sind. Planta, *21*, 404.

Boullienne R. et Went F. W., 1933, Recherches experimentales sur la neoformation des racines dans les plantules et boutures de plantes supérieures. Jard. Bot. Buitenzorg, *43*, 25.

Cholodny N., 1933, Zum Problem der Bildung und physiologischen Wirkung des Wuchshormons bei den Wurzeln. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *51*, 85.

— 1934, Über Bildung und Leitung des Wuchshormons bei den Wurzeln. Planta, *21*, 510.

Cooper W. C., 1935, Hormones in relation to root formation on stem cuttings. Plant Physiol., *10*, 789.

Czaja A. Th., 1934, Der Nachweis des Wuchsstoffes bei Holzpflanzen. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *52*, 267 (*a*).

— 1935, Wurzelwachstum, Wuchsstoff und die Theorie der Wuchsstoffwirkung. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *53*, 221 (*b*).

— 1935, Polarität und Wuchsstoff. Ebenda, *53*, 197 (*c*).

— 1935, Wirkung des Wuchsstoffes an parallelotropen Pflanzenorganen. Ebenda, *53*, 478 (*d*).

Fitting H., 1909, Die Beeinflussung der Orchideenblüten durch die Bestäubung und durch andere Umstände. Zeitschr. f. Bot., *1*, 1.

Gouwentak C. A. und Hellinga G., 1935, Beobachtungen über Wurzelbildung. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool Wageningen Deel, *39*, Verh. 6.

Haagen Smit A. J. and Went F. W., 1935, A physiological analysis of the growth substance. Proc. Akad. Wetensch. Amsterdam. *38*, 852.

Jost L., 1935, Über Wuchsstoffe. Zeitschr. f. Bot., *28*, 260 (*a*).

— 1935, Wuchsstoff und Zellteilung. Ber. d. Deutschen Bot. Ges., *53*, 733 (*b*).

Kögl F. und Haagen Smit A. J., 1931, Über die Chemie des Wuchsstoffs. Proc. Akad. Wetensch. Amsterdam, *34*, Nr. 10.

— 1933, Über die Chemie des Auxins und sein Vorkommen im Pflanzen- und Tierreich. Nw., *21*, 17.

— 1933, Über Auxine. Angew. Chemie, II, *46*, 469.

— Haagen Smit A. J. und Erxleben H., Mitteilungen über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Zeitschr., 1932, *214*, 241; 1933, *216*, 31; 1933, *220*, 137; 1934, *225*, 215; 1934, *228*, 89; 1934, *228*, 103.

— — und Tönnis B., 1933, Mitteilung über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Zeitschr., *220*, 161.

— und Erxleben H., Mitteilung über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Zeitschr., 1934, *227*, 51; 1935, *235*, 181.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kögl F. und Kostermans D. G. F. R., Mitteilung über pflanzliche Wachstumsstoffe. Hoppe-Seyler's Zeitschr., 1934, *228*, 113; 1935, *235*, 201.

— 1935, Über Wuchsstoffe der Auxin- und Biosgruppe. Ber. der Deutschen chem. Ges., *68*, Abt. *A*, 16.

Laibach F. und Kornmann P., 1933, Zur Methodik der Wuchsstoffversuche. Planta, *14*, 482.

Laibach F., 1935, Über Auslösung der Kallus- und Wurzelbildung durch β-Indolylessigsäure. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *53*, 359.

— und Fischnich O., 1935, Über eine Testmethode zur Prüfung der kallusbildenden Wirkung von Wuchsstoffpasten, Ebenda, *53*, 469.

— und Kornmann P., 1933, Zur Frage des Wuchsstofftransportes in der Haferkoleoptile. Planta, *21*, 396.

— und Meyer F., 1935, Über die Schwankungen des Auxingehaltes bei *Zea mays* und *Helianthus annuus* im Verlauf der Ontogenese. Senckenbergiana, *17*, 73.

Lek H. A. A. van der, 1934, Over den infloed der knoppen op de wortelvorming der stekken. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool Wageningen, Deel, *38*, Verh. 2.

Molisch H., 1909, Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena (*a*).

— 1917, Über das Treiben von Wurzeln. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I, *126* (*b*).

— 1935, Das knospenlose Internodium als Steckling behandelt. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *53*, 575 (*c*).

Mrkos O., 1933, Über den Einfluß des Wuchsstoffes auf die Regeneration und Wundgewebebildung. Planta, *21*, 206.

Müller A. M., 1935, Über den Einfluß von Wuchsstoff auf das Austreiben der Seitenknospen und auf die Wurzelbildung. Jb. f. Bot., *81*, 497.

Paál A., 1914, Über phototropische Reizleitungen. Ber. der Deutschen Bot. Ges., *32*, 499.

— 1919, Über phototropische Reizleitung. Jb. f. wiss. Bot., *58*, 406.

Schwarz L., 1933, Wirkung des Warmbades und einiger chem. Bäder auf das Wurzeltreiben von Stecklingen. Gartenbauwiss., *8*, 282.

Snow R., 1932, Growth regulators in plants. New Phytol. *31*, 336 (*a*).

— 1933, The nature of the cambial stimulus. Ebenda, *32*, 288 (*b*).

— 1935, Activation of cambial growth by pure hormones. New Phytol., *34*, 347 (*c*).

— 1935, Activation of cambial growth by pure hormones. Nature, *135*, 876 (*d*).

— and Le Fanu B., 1935, Activation of cambial growth. Nature, *135*, 149 (*e*).

Stark P., 1921, Studien über traumatotrope und haptotrope Reizleitungsvorgänge. Jb. f. wiss. Bot., *60*, 67.

— 1927, Reizleitungsprobleme bei den Pflanzen im Lichte neuerer Erfahrungen. Ergebn. d. Biol., *2*, 1.

Thimann K. V., 1934, Studies on the growth hormone of plants. Journ. of Gen. Physiol., *18*, 23.

— 1935, On the plant growth hormone produced by Rhizopus suinus. Journ. of Biol. Chem., *109*, 279.

— 1935, On an analysis of the activity of two growth-promoting substances on plant tissues. Proc. Konink, Akad. v. Wetensch. t. Amsterdam, *38*, 3.

— 1935, Growth substances in plants. An. Review of Biochem., *4*, 545 (größere Literaturübersicht).

— and Skoog F., 1934, On the Inhibition of bud development and other functions of growth substance in *Vicia faba*. Proc. Roy. Soc., *B*, *114*, 317.

Went F. A. F. C., 1930, Über wurzelbildende Substanzen bei *Bryophyllum calycinum* Salisb. Zeitschr. f. Bot., *23*, 19.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



Went F. A. F. C., 1932, Über Wachstumsstoffe bei Pflanzen. Chem. Weekbl., *316*.

— 1933, Bedeutung des Wuchsstoffes für Wachstum, photo- und geotropische Krümmungen. Naturwiss., *21*, 1.

— 1934, Hormone bei Pflanzen. Schweizer Naturforsch. Ges., Zürich 1934, *220*.

— 1935, The investigations on growth and tropisms carried on the botanical laboratory of the universify of Utrecht during the last decade. Biol. Reviews, *10*, 187.

Went F. W., 1927, Wuchsstoff und Wachstum. Diss., Amsterdam.

— 1929, On a substance causing rootformation. Proc. Akad. Wetensch. Amsterdam, *32*, 1.

— 1934, On the pea-testmethod for auxin, the plant growth hormone. Proc. Akad. Wetensch., Amsterdam, *37*, 8.

— 1935, Coleoptile growth as affected by auxin, aging and food. Proc. Akad. Wetensch., Amsterdam, *38*, 752.

Zimmermann P. W. und Wilcoxon F., 1535, Several chemical growth substances which cause initiation of roots and other responses in plants. Contr. from Boyce Vompson Inst., *7*, 209.